

内蒙沙日宝吐金多金属矿综合地球物理勘查及找矿潜力

陈伟军¹, 刘和峰², 孟凡威³, 刘红涛¹, 刘建明¹

1. 中国科学院地质与地球物理研究所矿产资源重点实验室, 北京 100029;

2. 内蒙古赤峰市地质矿产勘查开发院, 内蒙古 赤峰 024000;

3. 内蒙古赤峰市阿鲁科尔沁旗地震局, 内蒙古 赤峰 025550

摘 要: 内蒙沙日宝吐 Au-Pb-Zn-Cu 多金属矿点位于内蒙古赤峰市境内, 矿化受断裂控制, 蚀变现象明显。通过阐述沙日宝吐 Au-Pb-Zn-Cu 多金属矿点的地质特征、借助甚低频(VLF)和连续电导率剖面测深(EH4)等先进的地球物理探测手段, 对该矿点进行了系统评价。VLF 扫面结果显示, 地表出露的主矿化蚀变带为强烈的低阻带, 结构清晰, 长度大于 600 m; EH4 测深断面显示, 矿区主矿化蚀变系统可延深至地下 400~600 m, 表现为近于直立的低阻带。地质和地球物理研究初步确定此矿点是 1 个有较大规模成矿潜力的多金属矿点。

关键词: 金多金属矿; 地质特征; 地球物理勘查; VLF; EH4; 沙日宝吐; 内蒙古

中图分类号: P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-2518(2009)06-0001-05

沙日宝吐矿点位于内蒙古阿鲁科尔沁旗巴彦温都苏木南 1 km 处, 为近期发现的 1 个 Au-Pb-Zn-Cu 多金属矿点。自 1960 年以来本地区相继开展了包括本矿点在内的各种比例尺的区域地质矿产调查工作, 先后完成了 1:100 万贝尔湖幅区域地质调查(1960~1963 年)、1:20 万甘珠尔庙幅区调(1971~1972 年)、1:5 万昭盟北部航磁测量(1975 年)和 1:5 万区域地质测量(1990~1993 年)等基础地质调查工作。矿区南邻的小井子一带 1:5 万区域地质矿产调查曾发现较多多金属矿点, 但没有留下可利用的地质资料。2007 年, 中国科学院地质与地球物理研究所区域成矿学科组在本区调研时发现了地表矿化露头, 并随即开展了相应的地质地球物理勘查工作, 取得了较好的成果。

1 区域地质概况

区内出露的地层有下二叠统大石寨组, 中侏罗统新民组 and 上侏罗统满克头鄂博组、玛尼吐组、白音高老组和第四系松散沉积物。大石寨组千枚岩、斜长角闪片岩等呈 NE 向断续分布于黄岗梁—甘珠尔庙(巴彦温都)复背斜核部(矿区以西); 新民组中酸—酸性火山碎屑岩在区内分布较为广泛, 围岩蚀变较为普遍, 主要发育绢云母化、绿帘石化和绿泥石化等; 满克头鄂博组通常角度不整合于下二叠统大石寨组之上, 其岩性

主要为晶屑凝灰岩、流纹质角砾凝灰岩、英安岩等; 玛尼吐组和白音高老组岩性组合为一套中性火山碎屑岩和安山岩组合, 出露于矿区北部; 第四系亚砂土和砂砾碎石层分布于山间谷地、山前地带和河流阶地等, 主要为全新统和更新统沉积物^[1]。

燕山晚期的花岗岩侵入岩在本区广泛发育, 多呈岩株或岩脉状产出, 主要岩石类型有细粒闪长岩、中细粒花岗闪长岩、中细粒钾长花岗岩和细粒斑状钾长花岗岩等。常见的脉岩有花岗斑岩、石英斑岩、霏细岩、细晶岩、闪长玢岩、辉绿玢岩等。

本区大地构造位置处于天山—内蒙古中部—兴安地槽褶皱系的东部、兴安地槽之南缘、大兴安岭东南坡的边缘地带^[2], 属于天山—兴蒙成矿域; 既有加里东期和华力西期成矿系统, 又发育燕山期成矿系统, 二者相互叠加或转换是本区成矿的特色^[3]。区内一级断裂总体呈 NE 向, 与大兴安岭山系的走向一致, 次级断裂多为 NW、近 EW 向, 矿化系统多受这 2 组构造控制。

2 矿床地质特征

2.1 容矿围岩

矿区的地质情况较为简单(图 1), 出露的岩石单元主要有 3 种。中粗—中细粒斑状花岗岩(内含细粒花岗斑岩): 测区出露基岩的主体, 主要分布于矿化带

收稿日期: 2009-03-05; 修订日期: 2009-05-05.

基金项目: 国家重点基础研究(973)项目(2006CB403507)资助.

作者简介: 陈伟军(1981-), 男, 山东潍坊人, 博士研究生, 从事矿物学、岩石学、矿床学专业研究工作. E-mail: chenweijun@mail.igcas.ac.cn

的外围。岩石为浅肉红色,斑状结构;斑晶成分为低正条纹长石、钠长石和石英,约占岩石的40%左右;基质多为细晶质或微晶结构,由长石和石英微晶组成;岩石化学成分属于铝饱和的钙碱系列,其副矿物组合为磁铁矿+锆石+磷灰石型,其中白钨矿、黄铁矿和方铅矿的含量也较高。石英斑岩:蚀变矿化带的近矿围岩,根

据该石英斑岩体与矿化带之间的空间关系,推测其形成时间与矿化系统近于同期。石英斑岩呈浅灰黄色—灰白色,斑状结构,斑晶为浑圆状的烟灰色石英颗粒,基质为微晶质结构。闪长玢岩:呈脉状分布于矿化带的两侧,青灰色,隐晶—斑状结构,切割石英斑岩和花岗岩,因而其形成时间最晚。

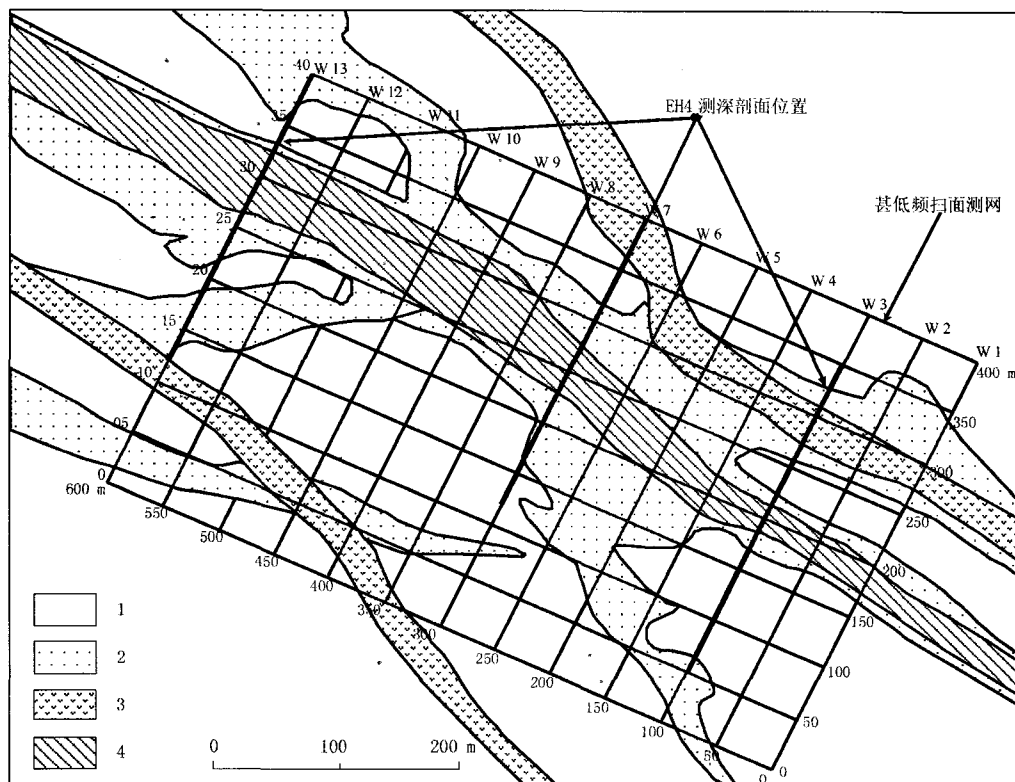


图1 沙日宝吐 Au-Pb-Zn-Cu 多金属矿点矿区地质简图与地球物理测线部署

1. 中粗粒花岗岩;2. 石英斑岩;3. 闪长玢岩;4. 矿化蚀变岩

2.2 控矿构造

控矿断裂及其蚀变带呈NW走向($310 \sim 320^\circ$)、倾向NE、倾角 $65 \sim 70^\circ$,地表出露宽度为20~50 m,走向延伸 $>2\,000$ m,与山体的走向基本一致,但矿带的东段位于山体的南坡,西段则位于山体的主峰或北坡。

控矿断裂带地表露头良好,由于遭受较为强烈的硅化,断裂带内的矿化蚀变岩相对围岩更为坚硬,因而形成山脊的正地形。地表出露的矿化蚀变构造岩呈暗红色、灰黄色或灰黑色,蚀变类型主要有褐铁矿化、赤铁矿化、镜铁矿化和赭石化等,并发育明显的构造片理化。控矿断裂具有明显的多期活动和正走滑特征:在矿区西部,可以见到主断裂上盘岩块斜下活动,进而使下盘岩块形成规模宏大的断层三角面及其斜向断层擦痕,指示断层具有正走滑的运动学性质。

在矿带东段前人施工的平巷中,可以见到规模可

观的矿化蚀变带,同时也可看到原生铅锌矿化。蚀变构造岩主要为碎裂岩,局部可见强烈的片理化,近地表主要的蚀变类型为硅化、褐铁矿化、镜铁矿化等。从矿带的地质特征和矿化蚀变分布来看,矿区矿化明显受断裂控制,同时,同构造期的脉岩侵位应对矿质的富集有重要的促进作用。

因本区无可供参考的深部资料,此次主要利用地球物理扫面和测深手段,探测含矿断裂的深部变化与规律,进而指导下一步的异常验证工作。

3 矿区地球物理勘查

3.1 主要技术的原理和特点

(1) 甚低频电磁测量(VLF-EM)^[4](简称VLF)作为一种浅层地球物理探测技术,主要应用在金属矿床找矿勘查、探测地下含水构造、喀斯特溶洞和地质填图

中。这是一种被动源电磁勘探方法,它将军事导航的长波台发射的 15 ~ 25 kHz 的电磁波作场源进行远距离工作区的甚低频测量。电磁波在传播过程中,地下存在具有电性差异的界面或地质体在 VLF 电磁波(一次场)的感应下会产生二次场。观测一次场、二次场与被探测对象(地质因素)相互作用的综合效应,可研究矿化带、构造带、蚀变破碎带、岩性分界面等地质构造,达到找矿勘查、地质填图的目的。自然界脉状矿床的矿(化)体往往受断裂控制,这类矿体或赋矿构造常含有硫化物或伴有较强的蚀变,相对围岩电导率低,与围岩有一定的电性差异。因此,在一次电磁场激发下容易产生二次感应电流,形成二次场异常。应用 VLF 测量一般无需建立场源,仅用轻便的手持接收机在地表测量即可,因受地形条件限制小,在矿体或构造带上易测得异常,在普查阶段其优势更为明显。实践表明,VLF 是寻找脉状矿床行之有效的物探手段,相对其他物探方法,最大的特点是轻便、快速和经济,尤其适合在覆盖区(风成黄土、残坡积物等)进行快速地球物理扫面,以初步圈定隐伏含矿系统的平面展布、基本规模和大致了解其产状,为后续的高精度地球物理测深提供设计依据。

(2)连续电导率剖面成像系统(EH4)^[4-5]是由美国 GEOMETRICS 和 EMI 公司联合生产的采用了最新数字讯号处理器的硬、软件装置。该系统属于部分可控源与天然场源相结合的一种大地电磁测量系统,为目前国际上最为先进的一种电磁勘探手段。其原理是将地表天然电场与磁场分量的比值定义为地表波阻抗,那么,在均匀大地背景下,此阻抗与入射场极化无关,只与大地电阻率以及电磁场的频率有关,从而可以确定地下岩层的电性结构和地质构造。

EH4 系统的基本配置(频率为 10 ~ 100 000 Hz)的探测深度为几十到 1 000 m,低频配置的(频率 0.1 ~ 1 000 Hz)探测深度为 100 ~ 2 000 m。与其他电磁法相比,EH4 系统具有以下突出特点:巧妙采用了天然场与人工场相结合的工作方式,由部分可控源补充局部频段信号较弱的天然场,来完成整个工作频段的测量;发射装置轻便,便于野外多次移动;时间域多次叠加采集数据,提供了丰富的地质信息;实时数据分析,确保观测质量;现场给出连续剖面的拟二维反演结果,较直观;勘探深度较大,分辨率高。该系统除进行地质找矿外,还可以用于地下水调查、工程地质勘查、基岩地质填图、地质构造填图及环境调查等诸多方面。

3.2 地球物理测量与异常解释

(1)甚低频(VLF-EM)扫面结果与解释。本次甚低频工作选在矿区西段矿带出露较好的地方进行。采用线距 50 m、点距 10 m 的网度部署甚低频扫面测网,测线方位 NE250°,测线长度 400 m,共设计 13 条测线,控制测量面积 0.24 km²(图 1)。

由图 2 可知,主矿化蚀变构造系统表现为连续的低阻带分布于测区的中部,其两侧则为与之近于平行的规模较小的低阻带。从图 3 可以看出,主矿化构造带贯穿整个测区,为一条连续性良好的低阻带。同时,在主矿化带的两侧,还发育有几个规模较小的低阻异常。它们是否也与矿化有关,有待下一步测深与地质研究加以验证。需要说明的是,在 W01 ~ W02 线和 W06 ~ W10 线之间,主矿化构造表现出更为强烈的低阻特征,推测在这 2 个区间主矿化构造系统更为发育。

(2)连续电导率剖面测深与解释。本次 EH4 测量采用 20 m 点距,测量剖面位置选在 W03、W07 和 W13 线(图 1),测点位置与 VLF 的一致,但二者的测线长度由于地形以及待测对象和控制目的而有所不同。

W03 线 EH4 剖面位于矿区东部,测线的始点和终点分别为 VLF 测线的 50 m 和 350 m,剖面长度为 300 m(图 4,LINE-03),跨越了 VLF 测量所厘定的主矿系统及其北侧的低阻带(图 3)。该测深剖面清晰显示,主矿化带的构造系统及其东侧的次级低阻带垂向延深约 350 m,其下逐渐变为整体性的高阻带,说明在 350 m 深度以下矿化构造系统变弱。其次,从电阻率的分布看,主矿化构造系统的低阻程度在本剖面弱于其东侧的次级低阻带,表明次级低阻带的构造也十分发育,因此其含矿可能性值得高度重视。同时,EH4 测深剖面还显示,矿化构造系统的总体倾角近于直立,这与地表观察到主矿带倾角大于 70°的事实相符。

W07 线 EH4 剖面位于矿区中部,测线的始点和终点分别为 VLF 测线的 120 m 和 400 m,剖面长度为 280 m(图 4,LINE-07),跨越了 VLF 测量所厘定的主矿系统最为宽大而且最为低阻的部分(图 3)。甚低频测量在本剖面确定的主矿化带引起的低阻异常位于 210 ~ 310 m 之间(图 3),与之相对应,EH4 测深在本剖面地表附近确定的强烈低阻带位于 230 ~ 300 m 之间,表明这 2 种探测方法具有良好的吻合性和对比关系,故由此获得的测量结果十分可靠。主矿化带在本剖面切割的位置表现为强烈的低阻特征,而且向地下深部逐渐变宽,并一直延深到地下 600 m 还没有尖灭。这表明主矿化构造系统垂向延深十分稳定,而且在地下 50

~450 m 区间因强烈低阻显示,预示有良好的矿化存在。同时,在主矿化系统的东侧也存在 1 个近直立的、规模较小的低阻带,该低阻异常带可能与 W03 线发现的次级低阻带属于同一条(矿化)构造系统。

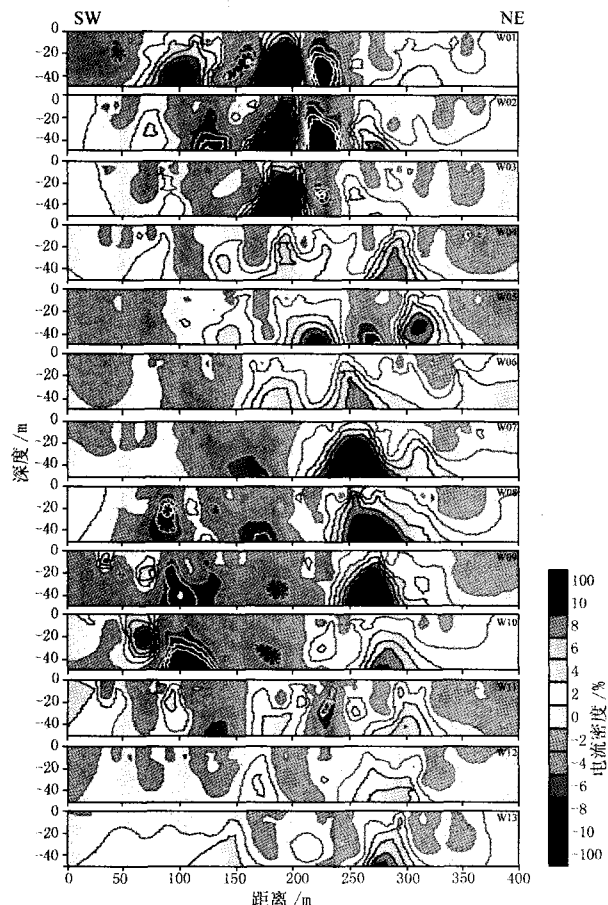


图2 Au-Pb-Zn-Cu 多金属矿点甚低频(VLF)测量联合断面

W13 线 EH4 剖面位于测区西部边缘,测线的始点和终点分别为 VLF 测线的 120 m 和 400 m,剖面长度为 280 m(图 4, LINE-13),跨越了 VLF 测量所厘定的主矿系统及其北侧的低阻带(图 3)。本测深剖面具有以下特点:与前 2 个 EH4 测深剖面相比,本剖面所在位置的总体电阻率较低,但深部也有高阻体存在;主矿化构造带在测深剖面上显示清晰,在测深剖面确定的近地表位置(250~300 m)与 VLF 测量结果吻合良好;但在标高 150 m 的地下,根据电阻率曲线标定的低阻异常带出现倾向明显变缓,到标高 730 m 又变为陡倾斜状。这种变化指示主矿化构造系统的产状在深部可能发生了变化,与甚低频测量结果相一致,EH4 测深剖面同样在本测线的南段主峰一带发现 1 个强烈的宽大低阻带,该低阻带从地表一直延深到 600 m 标高以下。从

甚低频扫面在测区西部确定的次级低阻构造的展布来看,该低阻带与主矿化系统近于平行,很可能属于规模较大的平行构造系统。野外地质观察已经证实该构造发育明显的金属矿化,建议今后勘探工作予以重视。

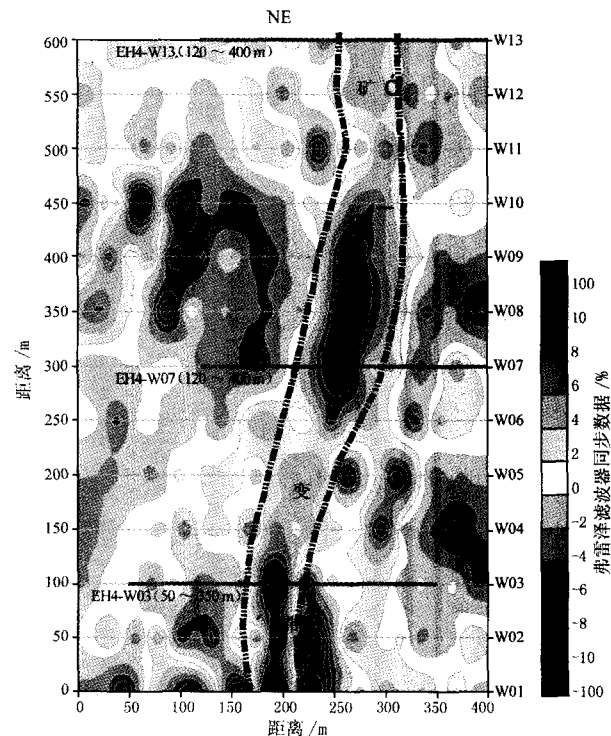


图3 Au-Pb-Zn-Cu 多金属矿点甚低频(VLF)测量平面异常

4 找矿潜力

沙日宝吐多金属矿化带的总长度大于 3 km,野外实地观察和地球物理勘探表明,该矿化带可能由多条矿化构造系统构成,因此是 1 个较为复杂和宏大的矿化构造体系,但矿化系统的围岩却较为简单——中细粒花岗岩和花岗斑岩。尽管地表和近地表矿化带的采样分析结果不甚理想,但根据本次地球物理测量结果,认为深部可能存在具有工业价值的矿化体:因为主矿化系统在深部变的更为宽大,而且电阻率也变的更低,预示矿化系统垂向上理想的变化。

5 结论

(1)通过对沙日宝吐矿区地层特征、控矿构造的研究、近地表各类样品的采集与分析、甚低频地球物理扫面和 EH4 连续电导率测深等综合勘查工作,初步查明沙日宝吐矿点为 1 个地质规模较大、含有 Au-Pb-Zn-Cu 多金属矿点且受 NW 向压扭性断裂控制的矿化蚀变系

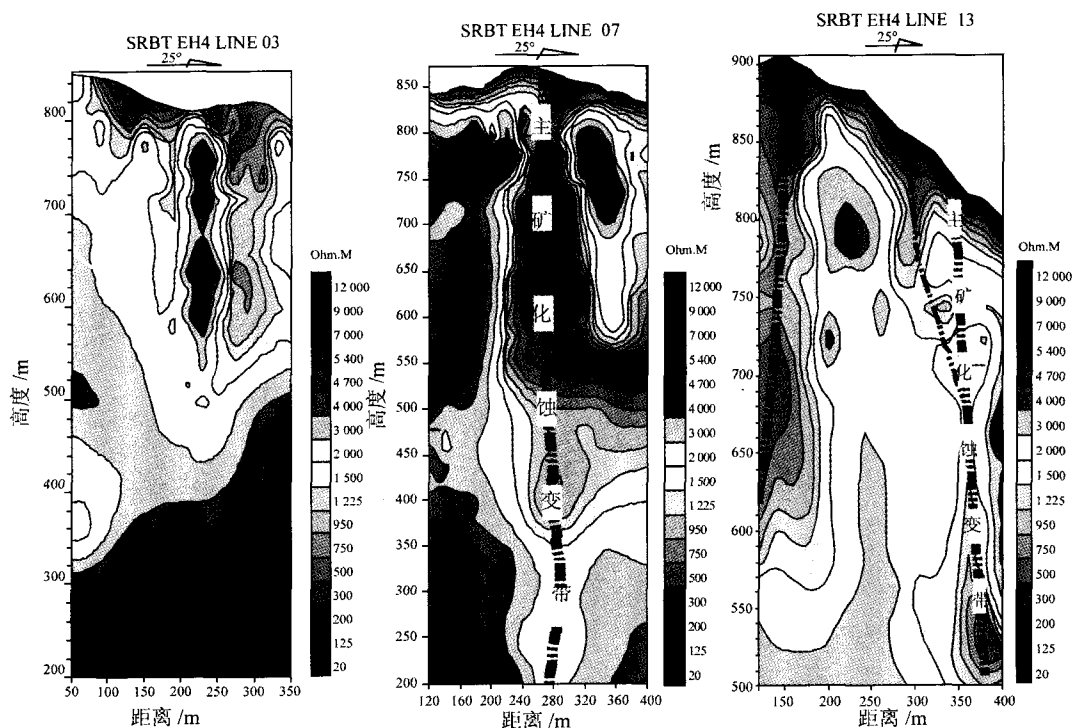


图4 Au-Pb-Zn-Cu 多金属矿点连续电导率剖面测深(EH4)异常

统。该构造系统的总体走向长度大于3 km,地表出露宽度10~5 m,倾向NE,倾角70°左右。近地表可见到强烈的硅化、褐铁矿化、镜铁矿化等蚀变现象。

(2)控矿构造系统的近矿围岩为石英斑岩或细晶花岗岩,远矿围岩为中粗粒花岗岩。推测石英斑岩或细晶花岗岩与矿化蚀变关系密切。矿化带内岩石强烈破碎或片理化,表明构造作用对矿化蚀变具有强烈的控制作用。

(3)矿区甚低频扫面不仅对地表出露的主矿化蚀变带有十分清晰的显示,而且在主矿化系统的南北两侧,也探测到与之近于平行的次级隐伏构造系统。从异常的形态和强度分析,这些次级构造也属于潜在的矿化蚀变带。

(4)3条EH4测深断面显示,区内主矿化蚀变系统和次级构造在地表至地下400~600 m的深度范围内十分稳定(尤其在矿区中部,如W07线),表现为近于直立的低阻带。矿区西部主矿化

系统南侧的次级构造在EH4的测深断面上表现明显,推测在矿区西部发育新的重要矿化蚀变构造,因而具有较大的深部找矿潜力。

参考文献

- [1] 李德亭,刘洪涛,袁怀雨. 大兴安岭南东段龙头山银铅锌多金属矿床成矿地质特征与远景评价[J]. 地质找矿论丛,2005,20(4):269-275.
- [2] 李德亭,刘建明,刘洪涛. 大兴安岭南东段寻找有色金属矿产取得突破性进展[J]. 中国矿业,2005,14(4):6-10.
- [3] 翟裕生,邓军,李晓波. 区域成矿学[M]. 北京:地质出版社,1999,191-197.
- [4] 刘红涛,杨秀瑛,于昌明,等. 用VLF/EH4和CSAMT方法寻找隐伏矿——以赤峰柴胡栏子金矿床为例[J]. 地球物理学进展,2004,19(2):277-285.
- [5] 贾长顺,曾庆栋,徐九华,等. 综合物化探技术在黄土覆盖区隐伏金矿体预测中的应用[J]. 黄金,2005,26(7):8-11.

(下转第38页)

Geological and Geochemical Characteristics of Dashui Diorite-type Gold Deposit in Gansu Province

WANG Jinfang¹, FENG Jingzhi¹, WANG Congying¹, CHEN Wentao¹, LI Hongyang¹, YUAN Wanming²

1. College of Resources, Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, Hebei, China;

2. State Key Laboratory of Geological Processes and Minerals Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

Abstract: Dashui gold deposit occurs in the diorite and the contact zone as well as surrounding limestone. Diorite veins and red-brown hematized limestone are widely distributing in the surface. Large amounts of fine disseminated and veinlet pyrites occur in the lower oxidized zone in the gold deposit. The Co/Ni ratios range from 1 to 5, close to the pyrite formed by magmatism. The REE pattern describes that gangue minerals are close to diorite veins, but quite different from limestone. Thus, REE geochemistry indicates that the ore-forming materials mainly came from diorite veins closely related to tectono-magmatism. The $\delta^{34}\text{S}$ values of pyrite range from -1.8‰ to $+4.1\text{‰}$ with a mean of $+2.4\text{‰}$, reflecting a deep source of sulfur. Samples analyzed for hydrogen and oxygen isotopic compositions of the calcites ore-forming fluids were mainly magmatic water, and might be the product of mixing of meteoric water and magmatic water at the late mineralization stage. Studies on geological and geochemical characteristics show that Dashui gold deposit derived its ore-forming materials from the hosted diorite, the ore-fluids were largely magmatic water, as sulfides-rich diorite-type gold deposit.

Key words: Dashui gold deposit; Diorite-type; Geological and geochemical characteristics; Gansu province

(上接第5页)

The Integrated Geophysical Exploration and Metallogenic Potential in Sharibaotu Gold Deposit, Inner Mongolia

CHEN Weijun¹, LIU Hefeng², MENG Fanwei³, LIU Hongtao¹, LIU Jianming¹

1. Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100029, China;

2. Geology Mineral Exploration Academy of Chifeng, Inner Mongolia, Chifeng 024000, Inner Mongolia, China;

3. Alukerqinqi Seism Bureau of Chifeng, Inner Mongolia, Chifeng 025550, Inner Mongolia, China

Abstract: The Sharibaotu Au-Pb-Zn-Cu ore-deposit, located in City Chifeng of Inner Mongolia, is controlled by faults and has obvious altered phenomenon. According to the geological characteristics of Au-Pb-Zn-Cu ore-deposit, by means, the advanced geophysical exploration methods, such as VLF and EH4, is making system evaluation for ore occurrences. The results of the VLF surveying have been primarily shown an ideal low resistivity zone with the length more than 600 m, induced by the primary mineralizing zone. The results of the EH4 surveying also have been revealed the primary mineralizing zone which is reflected by nearly erective low resistivity belt go deep into from 400 m to 600 m. The geological and geophysical research result indicate an ideal and great ore-forming prospect in the Sharibaotu deposit.

Key words: Gold-polymetal deposit; Geological characteristics; Geophysical exploration; VLF; EH4; Sharibaotu; Inner Mongolia